

电容式传感器在义齿检测系统中的应用

谢雪望, 冯勇建

(厦门大学 机电工程系, 福建 厦门 361005)

摘要: 详细给出了一种用微型电容式压力传感器镶入义齿基托的义齿受力检测系统。根据电容式压力传感器的工作原理, 采用微机电系统 (MEMS) 工艺, 研制出微型电容式压力传感器。通过传感器的埋入封装工艺, 在与义齿基托相同材料的作底基的树脂上挖一个边长为 2mm 平整的方形小坑, 将传感器分布式埋植入底基, 并用自制施加压力的装置对义齿对口腔下方组织的作用力进行测试。测量结果表明: 本系统能够准确地测量出当牙齿咬合时, 义齿基托所承受的力和力的分布。该传感器性能良好, 具有比较稳定的输入与输出关系, 适用于口腔恶劣环境下测量义齿对口腔下方的组织作用力。

关键词: 义齿; 电容式传感器; 压力检测

中图分类号: TP212 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-9787(2008)03-0114-02

Application of capacitance sensor in detecting system used in false tooth

XIE Xue-wang FENG Yong-jian

(Department of Mechanical and Electrical Engineering Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract A detecting system which is used to detect the stress of false tooth is expressed and a kind of MEMS capacitance pressure sensor is embedded in the pedestal of false tooth in the system. According to the principle of capacitance pressure sensor, the MEMS craft is adopted to develop the pressure sensor. By encapsulation craft of embedding sensor, some of square holes (its side length is 2mm) are dug in the base of synthetic resin whose material is the same to the pedestal of false tooth and the sensor is embedded distributedly in these holes. Then an equipment is made to load the pressure on the false tooth to test its action on the pedestal of false tooth. The test results show that the system is able to measure the stress on the pedestal of false teeth and its distributing when the teeth are occluded. The sensor is fine in its performance and has good stability to express the relationship between input and output and is applicable to measuring the strength on the lower structure of the oral cavity especially under the foul circumstance in oral cavity.

Key words false tooth; capacitance sensor; pressure detection

0 引言

单颌总义齿是口腔修复学的一个难点, 这是因为总义齿对咀嚼时受力的耐受远低于真牙列。有研究表明: 天然牙可耐受的作用力平均为 22.4~68.3 N, 而戴用总义齿后, 咀嚼时可耐受的力约为 6~8 N^[1]。由于总义齿人工牙靠树脂基托连接成为一个整体, 任何一颗牙对下方组织的作用力均为整体义齿受力。因此, 当咀嚼时用力过大, 一方面使义齿容易受到损坏; 另一方面, 使义齿直接对支持组织产生损伤。所以, 要评价一种义齿的好坏, 就必须了解其对下方组织的作用力情况。几十年来, 对这个作用力的测定一直为口腔修复学界和医用传感器研究者所关注, 现有的测定方法多是在义齿基托下方粘贴一只贴片压阻式压力传感器, 但贴片压阻式压力传感器的弹性模量与义齿基托不一

致, 与检测组织表面也不吻合, 也难与周围基托表面平齐, 所测力的大小误差比较大, 而且, 难以测定出力的分布情况^[2]。针对这些问题, 本文介绍了一种压力检测系统, 在与义齿基托相同材料作底基的树脂上挖一个边长为 2mm 平整的方形小坑, 将传感器分布式埋植入底基, 再采用分布式埋植入义齿基托内的方法, 能够准确测试出义齿下方粘膜与粘膜下方的骨组织所承受的力和力的分布。由于该传感器结构稳定, 测量稳定性好, 具有良好的线性度, 灵敏度高, 能够在 -100~200℃ 的温度范围内稳定工作, 所以, 本系统能够适用于口腔的恶劣环境下对作用力的检测。

1 传感器的制作

传感器是采用 MEMS 工艺来实现^[3,4], 采用的工艺有: 氧化、光刻、套刻、扩散、CP 刻、镀膜、硅-玻璃键合等工艺。

加工过程主要包括: 硅片上的加工工艺、玻璃上的加工工艺, 以及硅-玻璃键合后的加工工艺。半导体硅片经过氧化、光刻、刻蚀、扩散、再氧化、套刻、刻蚀, 从而完成了硅片正面的工艺, 主要包括凹槽和绝缘层的形成。反面再经过反面光刻、刻蚀、形成正负电极引出线 PAD 和填充凹槽。其中, 扩散的目的是为了形成 $2\mu\text{m}$ 左右的功能性硼硅膜 (P^+ 膜), 在进行扩散前, 对硅片应进行标准清洗。由于扩散时硅表面会与氧气发生作用而形成了一层硼硅玻璃, 所以, 要去除。使用湿法腐蚀去表面多余附着的硼硅玻璃。在玻璃的加工中, 选用 7740 玻璃, 经过光刻、镀膜形成玻璃上溅射的金属层, 即为下极板金属电极。再经过硅-玻璃键合、刻蚀、ICP 刻、镀膜, 从而完成了整个传感器的制作。如图 1 所示, 在一片硅片上集成了数十只小器件, 接着, 还要进一步将硅片划分为一个个的小器件, 以便下一步的封装和测试。

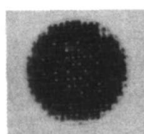


图 1 集在硅片上的传感器

Fig 1 Sensors on silicon piece

2 测试系统

在对单只传感器负载下的压力测试中, 本文作者使用与义齿基托相同材料的树脂作为底基^[5], 在树脂上挖一个边长为 2mm 平整的方形小坑, 将传感器埋植进去, 再采用相同材料的冷凝树脂和义齿基托专用树脂混合, 滴在传感器表面封装平整, 使其平面与底基平面一致, 待其凝固后, 就可以得到表面材质与义齿材质一致的覆盖面, 封装后如图 2 所示。再将底基放入自行设计的假牙系统, 作为义齿基托进行测试, 测试系统构成图如图 3 所示, 用于测试的假牙封装系统如图 4 所示。

在对传感器负载下压力的测试中, 使用带缓冲的气缸对底基施力, 2 个气动调节阀分别用来准确调节管内气压, 以能够按要求施加负载。

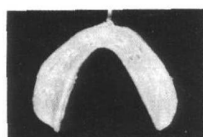


图 2 传感器在义齿材料中的封装

Fig 2 Sensor's encapsulation in false tooth material

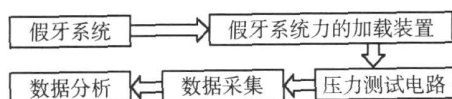


图 3 测试系统构成图

Fig 3 Structure diagram of test system

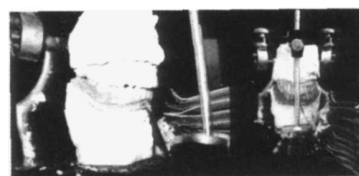


图 4 义齿压力测试的假牙系统

Fig 4 False tooth system for pressure test

在对埋植在底基中的传感器施加 $0 \sim 0.67\text{MPa}$ 的压力进行测试, 得到如图 5 所示的测试电容时所施压力与输出电压的分布关系和多项式拟合曲线。在图 5 中, 对其中一点进行测试并对测试的各点进行多项式拟合, 得到的拟合趋势线的 R 平方值为 0.9865 表明测试中输出的电压分布和拟合曲线具有良好的拟合度, 在后续工作中编程时以趋势线作为外界施加压力与输出电压的对应关系, 其误差值很小。

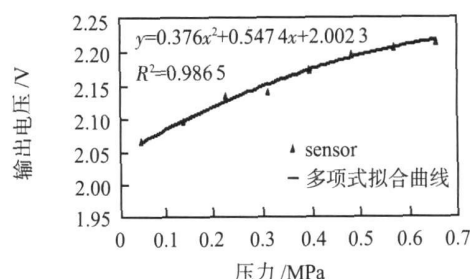


图 5 传感器输出电压随气压的变化曲线

Fig 5 Variety curve of sensor's output voltage with atmospheric pressure

3 结 论

测试结果表明: 该传感器性能良好, 具有比较稳定的输入与输出关系, 能较准确地测量到外界压力的变化。另外, 由于被测电容相对较小, 测试过程中容易受到导线、焊点等外界因素的干扰而造成一定的误差。所以, 后续工作中可以采用 ADC 将模拟的电压信号转换成数字信号, 制作放大电路和采集系统, 并将这种具有良好拟合度的趋势线, 作为外界施加压力与输出电压的对应关系曲线, 编写相应的软件系统, 以便临床测试时对数据的直接读取。

参考文献:

- [1] 章魁华. 口腔医学 [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2003.
- [2] 唐 华, 宫 苹, 李晓簪. 种植义齿咬合设计 [J]. 国外医学口腔医学分册, 2004(5): 400-402
- [3] 胡洪平, 林雁飞, 冯勇建. 基于义齿压力检测的 MEMS 电容式压力传感器的研制 [J]. 传感技术学报, 2006(5): 1859-1862
- [4] 王绍清, 徐 肯, 冯勇建. 微型电容式压力传感器的制作与测试 [J]. 仪表技术与传感器, 2005(3): 3-4
- [5] 徐正红, 张保卫. 不同基托树脂抗弯性能的比较 [J]. 口腔材料器械杂志, 2004, 13(1): 8-9

作者简介:

谢雪望 (1982-), 男, 福建仙游人, 硕士研究生, 主要研究方向为微机电测试系统和 RF 射频电路。